

Wissensrepräsentation

Christopher Habel, Özgür Özçep
Sommersemester 2005

Sitzung 5: Regeln: Logik und Produktionssysteme

(Fortsetzung)

- Logik für die Wissensverarbeitung (Zusammenfassung)
- Produktionssysteme
 - STRIPS
 - OPS 5

Produktionssysteme

Grundprinzip

- Arbeitsspeicher: Fakten
 - Problem, partielle Lösung, ...
- Hintergrundwissen: Bedingungs-Aktions-Regeln (Produktionen)
 - Linke Seite: LHS: Bedingungen
 - Rechte Seite: RHS: Aktionen

Recognize-Act-Zyklus

- 1) Stelle fest, welche LHS durch den aktuellen Zustand des Arbeitsspeichers erfüllt wird.
- 2) Wähle eine der zugehörigen Produktionen aus.
- 3) Führe die Aktionen der entsprechenden RHS aus.
- 4) Weiter bei 1)

Regeltypen: Wenn A, dann B.

Logikansätze

- **Repräsentations- / Wahrheitsbezogen**
 - Wenn A (wahr ist), dann (ist) B (wahr).
 - Wenn (du an) A (glaubst), dann (mußt du) B (glauben).
- **Aktionsbezogen: Dynamic view of rules (B&L)**
 - Wenn A (wahr ist), dann (führe) B (aus).
 - Wenn (du) A (glaubst), dann (führe) B (aus).

Produktionsregeln: Aktionen auf der Wissensbasis

- Wenn A (wahr ist), dann füge B in die Wissensbasis ein bzw. dann lösche C aus der Wissensbasis.
- Wenn (du) A (ausführst), dann füge B in die Wissensbasis ein, bzw. dann lösche C aus der Wissensbasis.

Produktionssysteme: Anwendungen

Psychologische Modelle

- ACT-R, SOAR
- (OPS 5)

Expertensysteme

- MYCIN
 - Erkennung/Klassifikation/Behandlung bakterieller Infektionen
 - 500 Produktionen bei 100 Infektionsursachen
 - Bewertung der Möglichen Diagnosen durch Zahlen
- R1 / XCON (basiert auf OPS 5)
 - Konfiguration von Vax-Computern (DEC)
 - 10.000 Produktionen für hunderte Komponententypen

Literatur zu STRIPS und OPS5

STRIPS

Fikes, R. E. & Nilsson, N. J. (1971). STRIPS: A New Approach to the Application of Theorem Proving to Problem Solving, *Artificial Intelligence*, 2. 189–208.

Fikes, R. E.; Hart, P. E. & Nilsson, N. J. (1972). Learning and Executing Generalized Robot Plans; *Artificial Intelligence*, 3. 251–288.

OPS5

McDermott, Drew (1982). R1: a rule-based configurer of computer systems. *Artificial Intelligence*, 19. 39–88.

(Korrekte) Inferenzregel in der Logik

Beispiele	Modus Ponens	$\frac{A, A \Rightarrow B}{B}$
	Modus Tollens	$\frac{\neg B, A \Rightarrow B}{\neg A}$
	Konjunktionslöschung	$\frac{A \wedge B}{A}$

Verwendung

- Legitimation von Beweisschritten
- Beweiskonstruktion
- vgl. Aktionen auf der Wissensbasis

Produktionssysteme: STRIPS (1971)

Anwendung

- Planung, Modellierung von Roboteraktionen

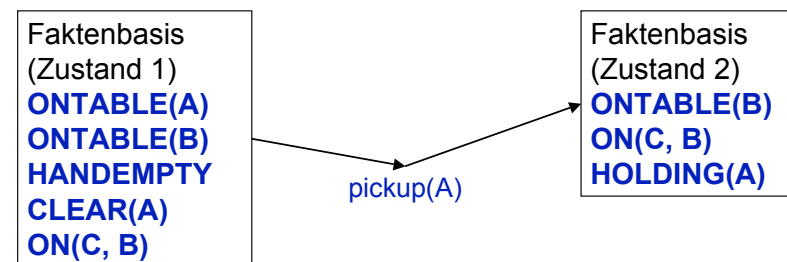
Arbeitsspeicher (Fakten)

- Atomare (geschlossene) Formeln der Prädikatenlogik
 - CLEAR(B), ON(B, C), HANDEEMPTY

Produktionsspeicher

- Name: pickup(x)
- LHS: **preconditions**: Konjunktion von atomaren Formeln
 - $ONTABLE(x) \wedge HANDEEMPTY \wedge CLEAR(x)$
- RHS: **Delete** list: atomare Formeln:
 - $ONTABLE(x), HANDEEMPTY, CLEAR(x)$
- RHS: **Add** formula: atomare Formel: $HOLDING(x)$

Beispiel: Produktionsausführung in STRIPS



- Die Zustände 1 und 2 der Faktenbasis repräsentieren verschiedene Situationen
- Es besteht keine (einfache) logische Folgerungsbeziehung.

Produktionssysteme: STRIPS (1971)

Arbeitsspeicher (Fakten)

- stark eingeschränkte Syntax (gegenüber Logik)
- Dynamik des Inhalts: implizites Zeitmodell

Produktionsstruktur

- Ebenfalls sehr eingeschränkte Syntax
- (keine Negation im Bedingungsteil)
- RHS-Listen drücken aus, worin sich die Nachfolgesituation (einer Aktion) von der vorhergehenden unterscheidet

Anwendung

- Produktion beschreibt Handlung
- Planung, Modellierung von Roboteraktionen in einer statischen Umwelt

Produktionssysteme: OPS5 (1981)

Anwendung

- Expertensysteme (Konfiguration)

Arbeitsspeicher (Fakten)

- Merkmalslisten
 - (person ^name Maier ^alter 18 ^beruf Student)
 - (Typ ^Attribut1 Wert1 ^Attribut2 Wert2 ...)
 - (zelle ^l-grad 1 ^b-grad 1 ^sicher ja ^luftzug nein ...)
- Typ, Attribute und Werte sind Symbole
- Wert kann unspezifiziert (*nil*) oder vollspezifiziert sein.
- Dubletten sind möglich.
- Zeitstempel (letzte Änderung).

OPS5-Produktion

LHS

- Liste von Merkmalsmustern
- alle außer dem ersten können negiert sein
- Werte können in verschiedener Weise beschränkt werden.
- Werte und positive Merkmalsmuster können durch Variablen referenzierbar gemacht werden.
- LHS wird erfüllt, wenn es zu den nicht-negierten Mustern eine passende Merkmalsliste gibt und es zu den negierten Mustern kein passendes Element gibt.
 - (person ^name <Y> ^alter >17)
 - -(person ^name <Y> ^alter <17)
 - (Es gibt eine Person, die älter als 17 ist und keine mit demselben Namen, die jünger als 17 ist.)

OPS5-Produktionen

RHS-Aktionen

- Änderung des Arbeitsspeichers:
MAKE, REMOVE, MODIFY (= REMOVE + MAKE)
- Ergänzung des Produktionsspeicher:
BUILD
- Ablaufkontrolle: **HALT**
- Variablenspezifikation, Ein-/Ausgabe, Dateimanipulationen

Beispiel: OPS5-Produktion

```
(P alter_bei_geburtstag_erhohen
 (person ^name <Y> ^alter <Z>)
 (birthday ^name <Y>)
--> (MODIFY 1 ^alter (COMPUTE <Z>+1))
    (REMOVE 2) )

(P exploriere_sichere_nachbarzelle_nord
 (agent ^l-grad <L> ^b-grad <B> ^ausrichtung nord)
 (zelle ^l-grad <L> ^b-grad <B>+1 ^sicher ja ^besucht nein)
--> (WRITE ' ,Ich gehe geradeaus, nach Norden')
    (MODIFY 1 ^b-grad <B>+1)
    (MODIFY 2 ^besucht ja) )
```

How many days are there in a year?

```
Start with: (year ^nr n ^status want-days)
End with: (year ^nr n ^status know-days ^days m)
Rules
(P r1 (year ^nr n ^status want-days ^mod4 nil)
-->(MODIFY 1 ^mod4 (n mod 4) ^mod100 (n mod 100)
    ^mod400 (n mod 400)) )
(P r2 (year ^status want-days ^mod400 0)
-->(MODIFY 1 ^status know-days ^days 366) )
(P r3 (year ^status want-days ^mod100 0 ^mod400 {≠ 0})
-->(MODIFY 1 ^status know-days ^days 365) )
(P r4 (year ^status want-days ^mod4 0 ^mod100 {≠ 0})
-->(MODIFY 1 ^status know-days ^days 366) )
(P r5 (year ^status want-days ^mod4 {≠ 0})
--> (MODIFY 1 ^status know-days ^days 365) )
```

Produktionssysteme

How many days are there in a year?

- Ein einfaches, überschaubares Produktionssystem
- Keine Konflikte
- nur zwei Regelanwendungen bis zur Lösung

Behauptete Vorzüge von Produktionssystemen

- Modularität
 - Jede Produktion ist von anderen unabhängig
- Transparenz
 - Produktionen sind einfach in NL übersetzbar
 - Systemverhalten ist Sequenz von Regelanwendungen

Produktionssysteme: Explizite Kontrolle

Arbeitsspeicher

- Kontext-Elemente, die der Kontrolle dienen
 - (context ^current-goal find-gold)
 - (context ^current-goal leave-cage)

Produktionsspeicher

- Regeln zum Kontextwechsel
 - (P (context ^current-goal <X>) --> (REMOVE 1))
 - soll nicht ausgeführt werden, solange andere Regeln ausführbar sind.
- Andere Produktionen testen aktivierten Kontext.
- Teilziele werden durch Schaffung neuer Kontexte aktiviert.

Produktionssysteme: Konflikte

Regel-/Produktionsinstanz

- Regel + Arbeitsspeicherelemente, die die positiven Bedingungen der LHS erfüllen

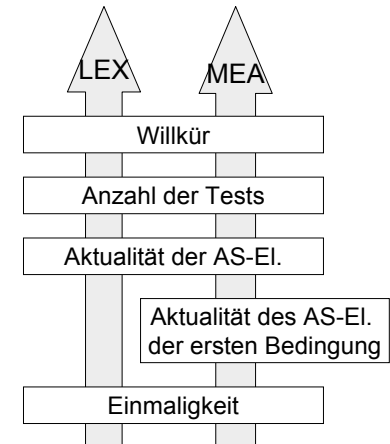
Konfliktlösung

- erforderlich, wenn in jedem Recognize-Act-Zyklus nur eine aktivierte Regelinstanz zur Anwendung kommt
- Vorgegebene Ordnung der Produktionen
 - Spezifität: Bevorzuge spezifischere Produktionen
 - Anzahl von Tests in der LHS
 - Anzahl von Arbeitsspeicherelementen
 - Aktualität: Bevorzuge Instanzen mit neuen Arbeitsspeicherelementen
 - Einmaligkeit: keine Instanz mehrfach verwenden
 - Beliebigkeit, Willkür

Konfliktlösung: OPS5

Zwei Strategien

- LEX
 - generelle Prinzipien
 - lexikographische Ordnung
- MEA
 - spezifische Betrachtung des AS-Elements der ersten Bedingung
 - Kontextelemente: Ablaufkontrolle
 - Means Ends Analysis



Bestimmung aktiver Regelinstanzen

Ausgangsbedingung

- Regelmenge steht vor Programmstart (weitgehend) fest
→ Übersetzung in geeignete Struktur
- Faktenmenge (Arbeitsspeicher) wird während des Programmlaufs permanent geändert
- Jede RHS erzeugt / löscht eine vergleichsweise kleine Faktenmenge.
 - Möglichst viel Information über Aktivierung sollt von einem Zyklus zum nächsten erhalten bleiben.
 - OPS 5: Rete-Match-Algorithmus

OPS5: LHS-Menge als Entscheidungsnetz

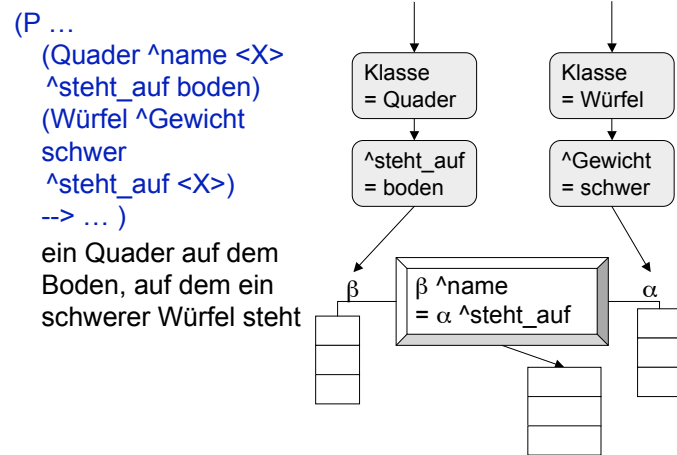
Struktur von OPS5-LHS

- Konjunktion von positiven und negativen Merkmalsmustern
- Merkmalsmuster: Konjunktion von Einzel-Tests
- dieselben Merkmalsmuster können in verschiedenen Produktionen auftreten
- Merkmalsmuster können partiell übereinstimmen

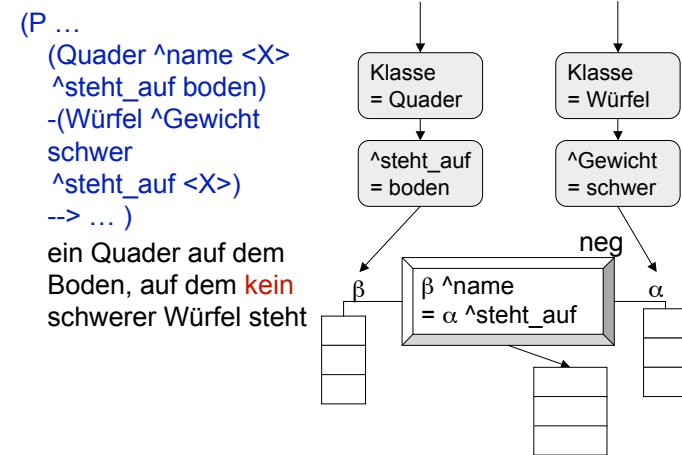
Erzeugter Entscheidungsnetz

- Einzeltests als Knoten (mit einem Eingang)
- Merkmalsmuster als Sequenz von Einer-Knoten
- Kombination von Merkmalsmustern durch Knoten mit zwei Eingängen (Zweier-Knoten)
- Speicher für AS-Elemente, die Bedingungen erfüllen

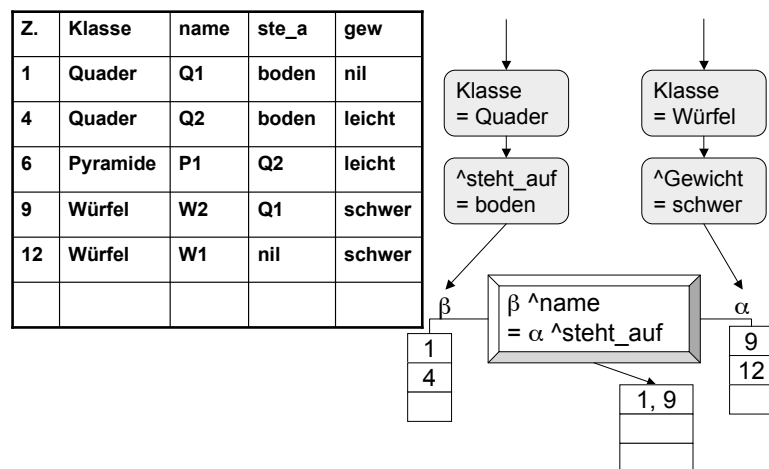
Beispiel: Merkmalsmuster und ihre Kombination



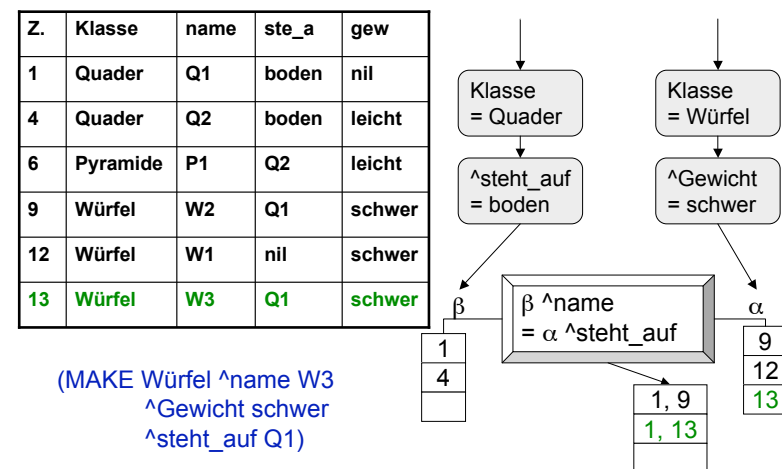
Beispiel (mit Negation)



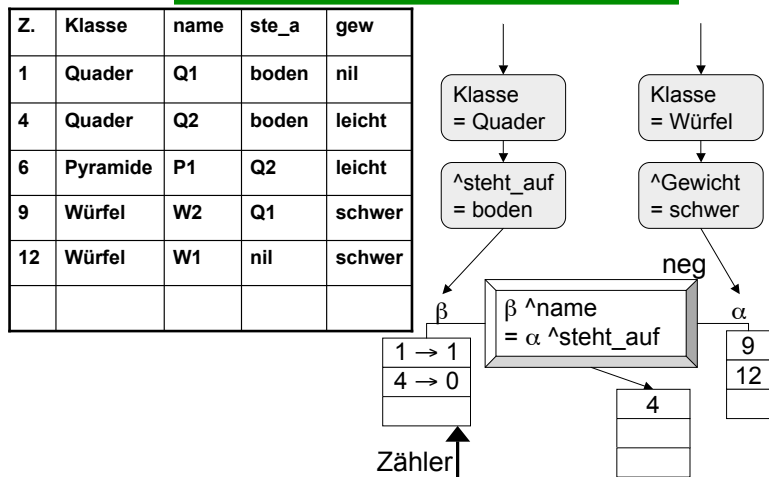
Beispiel: Internes Netz während Ausführung



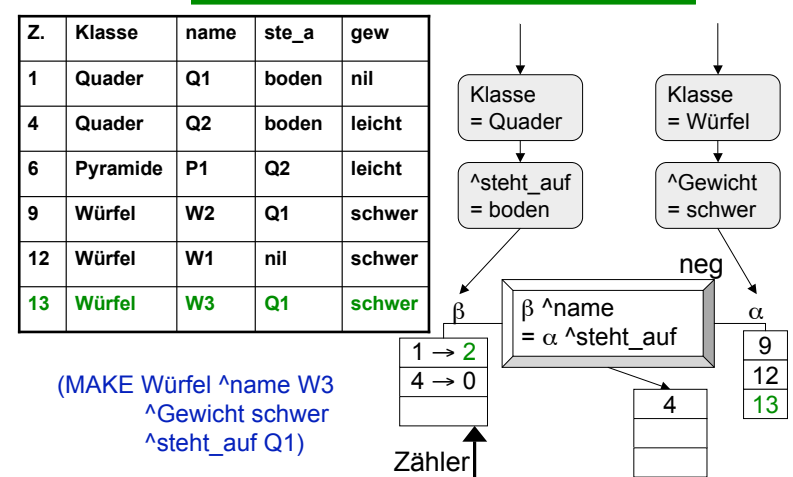
Beispiel: Ergänzung eines Faktums



Beispiel (Negation): während der Ausführung



Beispiel (Negation): Ergänzung eines Faktums



OPS5: Interne Repräsentation der Produktionen

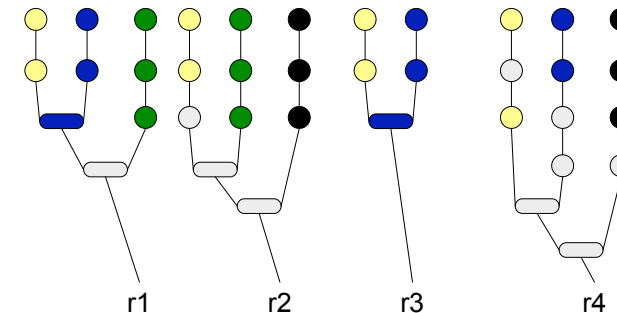
Einzelne Produktion

- Einfache Struktur der LHS einer Produktion
- Repräsentation durch einen Baum
- Abgleich mit Fakten von den Blättern zu der Wurzel

Mehrere Produktionen

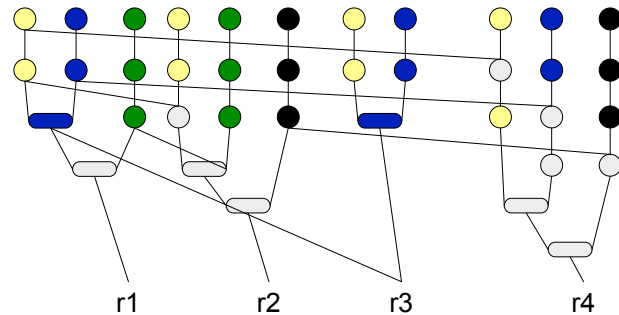
- Nutzung von Strukturellen Ähnlichkeiten der Einzelbäume
- Verschmelzung von Ästen

Beispiel: Vier Produktionen mit gemeinsamen Tests



31 Einzeltests
11 Einstiegsknoten
7 Kombinationsknoten

Beispiel: Vier Produktionen mit gemeinsamen Tests



16 Einzeltests
4 Einstiegsknoten
6 Kombinationsknoten

OPS 5: Effizienzgewinn bei Konfliktmengenbestimmung

Zur Übersetzungszeit: Entscheidungsnetz

- Vermeidung Redundanter Tests
- durch Bestimmung und Nutzung struktureller Gemeinsamkeiten der LHS

Zur Laufzeit: Differenzbestimmung

- In jedem Durchlauf muss nur berechnet werden, was sich gegenüber dem letzten Durchlauf geändert hat
- Im allgemeinen günstig bei kleinen Änderungen des Arbeitsspeicher
- Aber: u.U. hoher Aufwand bei Kontextwechsel (MEA)

Repräsentationssprache: Symbole

Formale Anteile

- feststehende Interpretation
- (feststehende) Verarbeitung (durch Interpreter)
 - logische Symbole
 - (gebundene) Variablen
 - epistemische Operatoren (Modal)

Verfügbare Anteile

- domänenspezifisch
 - (*W-Nachbar*, *in*, *Luftzug*, *A*)
- freie Interpretation im gewählten Weltausschnitt
- restringiert durch Axiome (generelle Weltbeschreibung)

Repräsentationssprache: Komplexe Ausdrücke

Grammatik

- Syntaktische Kategorien
 - Prädikate, Relationssymbole
 - Individuenrepräsentationen (Namen)
- Einbettung verfügbarer durch formale Symbole

Strukturiert

- Semantische Kategorien
 - korrespondierend zu syntaktischen Kategorien
- Kompositionalität der Interpretation
- Semantische Beziehungen zwischen verfügbaren Symbolen
- Ausdrückbarkeit durch Kombination

Formale Elemente der (Aussagen-)Logik

Syntaktische / Semantische Kategorie frei verfügbarer Symbole

- Aussagen / Propositionen
 - Wahrheitswert

logische Operatoren, feste Interpretation

- Konjunktion (Zusammenfassung)
- Disjunktion (Auswahl, Abdeckung, Unterbestimmtheit)
- Negation
- Implikation / Konditional (Bedingung, Unterordnung)
- Biimplikation / Gleichwertigkeit

Formale Elemente der Prädikatenlogik

Kategorien frei verfügbarer Symbole

- Terme
 - Interpretation als Objekt
- Prädikate
 - Interpretation als Eigenschaften, Relationen
 - Abstraktion: Prädikats- / Konzeptbildung
- Aussagen / Propositionen
 - Applikation: Prädikat-Argument-Struktur
 - Wahrheitswert

logische Operatoren: Quantoren

- All-Quantifikation: Verallgemeinerung
- Existenz-Quantifikation: Unterbestimmter Objektbezug

Weitere formale Elemente – andere Logiken

Modallogik

- Modalitäten (epistemisch, deontisch, temporal)

Alternative Logiken

- Relevanzlogik
- Intuitionistische Logik
- Probabilistische Logiken
- Nicht-monotone Logiken

Aus der Wissensrepräsentation / Sprachanalyse

- Prädikationstypen
 - temporal: HOLDS, OCCURS